

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number :

2000-077736

(43)Date of publication of application : 14.03.2000

(51)Int.Cl.

H01L 41/09

G01L 1/18

G02B 3/14

H01L 41/22

(21)Application number : 10-246198

(71)Applicant : DENSO CORP

(22)Date of filing : 31.08.1998

(72)Inventor : KANEKO TAKU

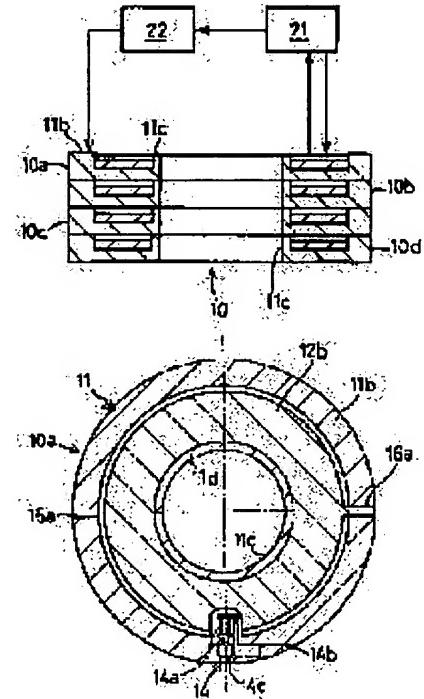
KAWAHARA NOBUAKI

## (54) LAMINATED PIEZOELECTRIC ACTUATOR AND VARIABLE FOCAL LENS DEVICE

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect the amount of deformation of the actuator part of a laminated piezoelectric actuator to make it possible to give a stabilizing means for a feedback control and the like to the actuator.

SOLUTION: A mechanism (strain detecting part 14) for detecting the amount of deformation of an actuator part 10 of this actuator is provided and a state that the actuator 10 is driven is controlled to contrive the stabilization of the actuator. Moreover, a reaction force to shock to a variable focal lens with the actuator part 10 as its drive source is generated to prevent the actuator from being broken.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

# **JP2000077736**

Publication Title:

LAMINATED PIEZOELECTRIC ACTUATOR AND VARIABLE FOCAL LENS DEVICE

Abstract:

Abstract of JP2000077736

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To detect the amount of deformation of the actuator part of a laminated piezoelectric actuator to make it possible to give a stabilizing means for a feedback control and the like to the actuator. **SOLUTION:** A mechanism (strain detecting part 14) for detecting the amount of deformation of an actuator part 10 of this actuator is provided and a state that the actuator 10 is driven is controlled to contrive the stabilization of the actuator. Moreover, a reaction force to shock to a variable focal lens with the actuator part 10 as its drive source is generated to prevent the actuator from being broken.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

---

Courtesy of <http://v3.espacenet.com>

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-77736

(P2000-77736A)

(43)公開日 平成12年3月14日 (2000.3.14)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	マーク〇 (参考)
H 01 L 41/09		H 01 L 41/08	M
G 01 L 1/18		G 01 L 1/18	A
G 02 B 3/14		G 02 B 3/14	
H 01 L 41/22		H 01 L 41/08 41/22	C Z

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平10-246198

(22)出願日 平成10年8月31日 (1998.8.31)

(71)出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72)発明者 金子 阜

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

(72)発明者 川原 伸章

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

(74)代理人 100081776

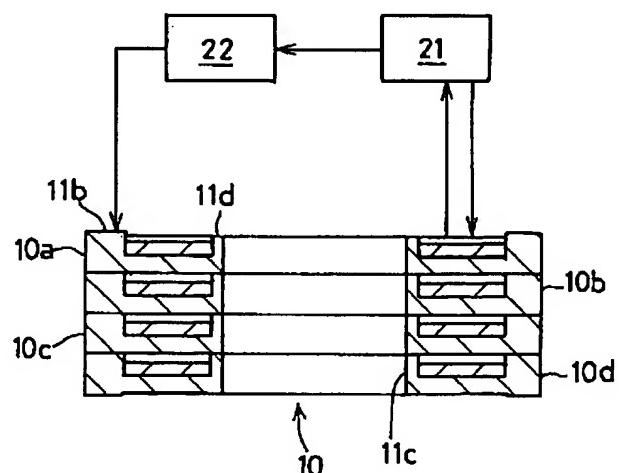
弁理士 大川 宏

(54)【発明の名称】 積層型圧電アクチュエータおよび可変焦点レンズ装置

(57)【要約】

【課題】積層型圧電アクチュエータのアクチュエータ部10の変形量を検出してフィードバック制御等の安定化手段を施すことを可能とする。

【解決手段】積層型圧電アクチュエータのアクチュエータ部10の変形量を検出する機構(歪み検出部14)を設けて、アクチュエータ部10の駆動状態を制御して安定化を図り、また、アクチュエータ部10を駆動源とする可変焦点レンズ30に対する衝撃に対する反力を発生させてその破壊を防止する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 中央部に貫通孔を有するリング状の複数枚の圧電変形素子を積層して互いに接合してなるアクチュエータ部と、該アクチュエータ部が有する歪み検出部から得られる歪み情報により該圧電変形素子の変形状態を解析する検出装置と、該検出装置の出力に基づき該圧電変形素子に印加する電圧を制御する電源装置を備えてなり、かつ、該各圧電変形素子は、  
中央部に貫通孔を有する円盤部、該円盤部の外周から垂直方向へ突出するリング状の外周当接部、および該円盤部の貫通孔の周囲から該外周当接部と同方向へ突出するリング状の内周当接部を一体的に備えた弾性板と、該弾性板の円盤部の表面に形成された裏面電極と、該裏面電極に接合された圧電板と、該圧電板の裏面電極とは背向する表面を覆う表面電極と、該弾性板の円盤部に形成されて該弾性板の歪みを検出する歪み検出部と、該各裏面電極を互いに接続する第1配線および該各表面電極を互いに接続する第2配線と、を備えていることを特徴とする積層型圧電アクチュエータ。

【請求項2】 前記圧電変形素子を構成する弾性板は絶縁材料または表面が絶縁被膜に覆われた導体材料もしくは半導体材料からなり、かつ、該圧電変形素子は、前記外周当接部の一部の表面を覆って一体に形成されて前記裏面電極に接続する第1端面配線と、前記外周当接部の一部の表面を覆って一体に形成されて前記歪み検出部に接続する少なくとも2本の線路を有する検出部配線と、を備えている請求項1に記載の積層型圧電アクチュエータ。

【請求項3】 前記圧電変形素子を構成する弾性板の外周当接部には、一端側から他端側へ連通する少なくも2つの配線貫通孔が形成されており、前記第1端面配線および前記第2端面配線は、該各配線貫通孔の異なる配線貫通孔を通して一端側を覆う部分と他端側を覆う部分とが導通している請求項2に記載の積層型圧電アクチュエータ。

【請求項4】 前記圧電変形素子を構成する弾性板の外周当接部には、一端側から他端側へ連通する配線貫通孔が形成されており、前記検出部配線は、該配線貫通孔を通して立体的に配線されている請求項2または3に記載の積層型圧電アクチュエータ。

【請求項5】 積層型圧電アクチュエータを構成する圧電変形素子を製造する製造方法であり、N型シリコンウェハにエッティングを施して薄板状の円盤部、該円盤部の外周から突出する外周当接部、該円盤部

の中央部から突出する内周当接部、および該円盤部の内周当接部の内側に開口する中央貫通孔を備えた弾性板を一体的に形成するエッティング工程と、該弾性板の表面に酸化膜を形成する酸化工程と、該円盤部の一部にイオンを注入して歪み検出部の抵抗体を形成するイオン注入工程と、該抵抗体の両端に配線を接続する配線工程と、該円盤部の表面に導電性の裏面電極および表面電極に挟持されたリング状の圧電板を接合する圧電板接合工程と、該裏面電極および該表面電極にそれぞれ配線を接続する配線工程と、を備えていることを特徴とする圧電変形素子の製造方法。

【請求項6】 積層型圧電アクチュエータと可変焦点レンズを備え、該積層型圧電アクチュエータの歪み検出部の出力に基づいて駆動状態を制御される可変焦点レンズ装置であり、該可変焦点レンズは、中央部に気密性の透明窓部を有して該積層型圧電アクチュエータのアクチュエータ部の中央貫通孔と同軸的に配置され、該アクチュエータ部の弾性板の外周当接部および内周当接部に直接または間接的に接合されている加圧用弾性膜と、該アクチュエータ部の中央貫通孔に同軸的に配置されて該加圧用弾性膜に対向している透明弾性膜と、該加圧用弾性膜および該透明弾性膜間に介在してこれら両弾性膜間に所定幅の気密空間部を形成するスペーサ部材と、該気密空間部に封入されている透明な動作流体と、を備えていることを特徴とする可変焦点レンズ装置。

【請求項7】 前記積層型圧電アクチュエータを構成する少なくとも1つの圧電変形素子の弾性板は透明な弾性体であって、前記加圧用弾性膜の透明窓部と一体に形成されている請求項6に記載の可変焦点レンズ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、互いに積層して接合した複数枚の圧電変形素子に電圧を印加して駆動力を発生させる形式の積層型圧電アクチュエータ、および、該積層型圧電アクチュエータを駆動源として可変焦点レンズの焦点を可変制御する可変焦点レンズ装置に関する。

【0002】なお、当該可変焦点レンズ装置は、顕微鏡、顕微鏡カメラ装置、その他医療用、工業用のカテーテル、ブルーブの先端に装備される光学レンズ等、広い分野に応用される。

## 【0003】

【従来の技術】互いに積層して接合した複数枚の圧電変形素子に電圧を印加して駆動力を発生させる形式の積層型圧電アクチュエータ、および、該積層型圧電アクチュエータと可変焦点レンズを組合せてなる可変焦点レン

ズ装置は、特開昭63-229401号公報、特願平8-296780号出願等にて提案されている。

【0004】特開昭63-229401号公報にて提案されている可変焦点レンズ装置は、可変焦点レンズが円筒状の積層型圧電アクチュエータの両端面に設けた透明膜の内部に透明な動作流体を封入して構成されている。この積層型圧電アクチュエータを構成する圧電変形素子自体の変位により発生する変位量は、装置の全長の約1/1000であるため、大きな変位を得るには装置の全長を長くしなければならないといった問題がある。

【0005】かかる問題を解決すべき積層型圧電アクチュエータおよび可変焦点レンズ装置が、特願平8-296780号出願にて提案されている。この可変焦点レンズ装置は、変位の大きいバイモルフ構造またはユニモルフ構造の圧電変形素子を用いた中央部に貫通孔を有する積層型圧電アクチュエータを採用している。そして、可変焦点レンズは、リング状のスペーサーの一方の面に張付けた透明弹性膜と他方の面に張付けた透明弹性膜またはガラス間の内部空間に透明な動作流体を封入して構成されている。

【0006】この可変焦点レンズ装置においては、積層型圧電アクチュエータによって動作流体に付与される外圧を変化させることにより透明弹性膜の歪みを制御して、可変焦点レンズとしての曲率半径を変化させてレンズの焦点距離を可変調節すべく機能する。

#### 【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、特開昭63-229401号公報にて提案されている積層型圧電アクチュエータおよび可変焦点レンズ装置は勿論のこと、特願平8-296780号出願にて提案されている積層型圧電アクチュエータおよび可変焦点レンズ装置においても、積層型圧電アクチュエータの変位量を検出する手段を備えていない。このため、積層型圧電アクチュエータにどのような負荷が作用しているかモニターすることができない。従って、積層型圧電アクチュエータや可変焦点レンズに外乱となる力が作用した場合には、これを検出してフィードバック制御等の安定化手段を施すことができないという問題がある。

【0008】また、積層型圧電アクチュエータまたは可変焦点レンズ装置を誤って落下させた場合等、積層型圧電アクチュエータまたは可変焦点レンズ装置に大きな衝撃力が作用した場合に、この作用力を検出して、積層型圧電アクチュエータまたは可変焦点レンズ装置の破壊を回避するための反力を付与する等の手段を施すことができず、積層型圧電アクチュエータまたは可変焦点レンズ装置の耐久性向上させることにも問題がある。

【0009】従って、本発明の目的は、この種形式の積層型圧電アクチュエータまたは可変焦点レンズ装置において、上記した各問題を解消することにある。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は積層型圧電アクチュエータに関するもので、当該積層型圧電アクチュエータにおいては、中央部に貫通孔を有するリング状の複数枚の圧電変形素子を積層して互いに接合してなるアクチュエータ部と、該アクチュエータ部が有する歪み検出部から得られる歪み情報により該圧電変形素子の変形状態を解析する検出装置と、該検出装置の出力に基づき該圧電変形素子に印加する電圧を制御する電源装置を備えた構成とし、かつ、該各圧電変形素子を、請求項1に記載の弹性板、裏面電極、圧電板、表面電極、歪み検出部、第1配線および第2配線を備える構成としている。

【0011】また、本発明は当該積層型圧電アクチュエータを構成する圧電変形素子の製造方法に関するものであり、当該製造方法は、請求項5に記載したごとき、弹性板の母材であるN型シリコンウェハにエッチングを施して弹性板を一体的に形成するエッチング工程、該弹性板の酸化工程、イオン注入工程、配線工程、圧電板接合工程、および配線工程を備えている。

【0012】また、本発明は可変焦点レンズ装置に関するもので、当該可変焦点レンズ装置は上記した積層型圧電アクチュエータと可変焦点レンズを備え、当該積層型圧電アクチュエータの歪み検出部の出力に基づいて駆動状態を制御される可変焦点レンズ装置であり、該可変焦点レンズは、請求項6に記載の加圧用弹性膜、透明弹性膜、スペーサ部材、および動作流体を備えた構成としている。

#### 【0013】

【発明の作用・効果】本発明に係る積層型圧電アクチュエータは、請求項1に記載されているごとく、中央部に貫通孔を有する複数枚の圧電変形素子（バイモルフ型またはユニモルフ型）が積層されて外周当接部および内周当接部にて互いに接合されており、かつ、圧電変形素子の歪みを検出する歪み検出部を備えていることから、アクチュエータ部の変位量を計測することができ、これにより、アクチュエータ部の駆動状態を把握することができる。

【0014】また、この歪み検出部は加速度計としての機能を有するため、アクチュエータ部に衝撃力等の大きな外力が作用した場合には、その作用力を検出して駆動電圧を制御して反力を発生させることにより、アクチュエータ部の破壊を防止することが可能である。当該積層型圧電アクチュエータにおいて、請求項2に記載のごとく、圧電変形素子を構成する弹性板として、絶縁材料または表面が絶縁被膜に覆われた導体材料もしくは半導体材料を採用して、半導体加工技術を用いて圧電変形素子に対する配線を形成すれば、当該積層型圧電アクチュエータを小型で薄型に構成することができる。

【0015】また、当該積層型圧電アクチュエータにおいて、請求項3に記載のごとく、弹性板の外周当接部に形成されているそれぞれ異なる貫通孔を貫通する各配線

を介して、第1端面配線および第2端面配線を一端側を覆う部分と他端側を覆う部分とを導通するように構成すれば、両配線は各圧電変形素子の外周面に露出することがなく他の構成部材との間での短絡が防止され、当該積層型圧電アクチュエータの信頼性が向上する。

【0016】また、当該積層型圧電アクチュエータにおいて、請求項4に記載のごとく、検出部配線を、弾性板の外周当接部に形成されている一端側から他端側へ連通する貫通孔を通して立体的に配線されるように構成すれば、検出部配線は各圧電変形素子の外周面に露出することがなく他の構成部材との間での短絡が防止され、当該積層型圧電アクチュエータの信頼性が向上する。

【0017】本発明に係る圧電変形素子の製造方法は、請求項5に記載されているごとく、弾性板をその形成母材としてN型シリコンウェハを用いて半導体加工技術により形成する手段を採用しているため、小型で薄型の圧電変形素子を一度に大量に製造することができる。特に、当該製造方法では、歪み検出部の抵抗体を、シリコンウェハに対してボロンをイオン注入して形成される拡散層にて構成する手段を採用しているため、微小な歪み検出部を効率よく形成することができて、これにより、小型で薄型の圧電変形素子を安価で大量に製造することができる。

【0018】本発明に係る可変焦点レンズ装置は、請求項6に記載されているごとく、上記した積層型圧電アクチュエータと可変焦点レンズを備え、積層型圧電アクチュエータの歪み検出部の出力に基づいて駆動状態を制御されるように構成している。かかる構成では、アクチュエータ部の変位量を計測する手段を備えているため、外力による可変焦点レンズの変形状態の変化をフィードバックしてアクチュエータ部の駆動状態を制御することにより、可変焦点レンズの特性をより高い精度に制御することができる。

【0019】また、万一、当該可変焦点レンズ装置を落下して大きな衝撃力が作用した場合でも、当該可変焦点レンズ装置の破壊を防止すべくアクチュエータ部に反力を発生させることができるために、当該可変焦点レンズ装置の信頼性を一層向上させることができる。当該可変焦点レンズ装置において、積層型圧電アクチュエータの中央部をレンズ装置の光路として使用する構成を探る場合、請求項7に記載のごとく、アクチュエータ部を構成する少なくとも1つの圧電変形素子の弾性板を、ガラス等の透明な材料で形成して加圧用弾性膜の透明窓部として用いるように構成すれば、積層型圧電アクチュエータのアクチュエータ部と、可変焦点レンズを構成する加圧弾性体および透明窓部とを一体に形成することができるので、当該可変焦点レンズ装置を安価に提供することができる。

【0020】

【発明の実施の形態】(第1の実施形態) 図1には、本

発明に係る積層型圧電アクチュエータの第1の実施形態が示されている。当該積層型圧電アクチュエータは、アクチュエータ部10、検出装置21および電源装置22からなり、アクチュエータ部10は、中央部に貫通孔を有するリング状の4枚の圧電変形素子10a～10dを積層して互いに接合して形成されている。各圧電変形素子10a～10dは同一構造を有するもので、その詳細については圧電変形素子10aを例示して説明し、他の圧電変形素子10b～10dについては必要により説明するに留める。

【0021】圧電変形素子10aは、図1～図4に示すように、弾性板11、裏面電極12a、表面電極12b、圧電板13、歪み検出部14、第1端面電極15、および第2端面電極16を備えている。弾性板11は、円盤部11a、円盤部11aの外周から垂直方向へ突出するリング状の外周当接部11b、および円盤部11aの貫通孔11cの周囲から外周当接部11bと同方向へ突出するリング状の内周当接部11dを一体的に備えたもので、絶縁体であるガラス平板にエッチングを施すことにより構成されている。

【0022】ガラス平板のエッチングにはフッ酸の水溶液が使用され、エッチングにより、リング状の凹部である円盤部11a、外周当接部11b、貫通孔11c、および内周当接部11dが一体的に形成される。これにより、ガラス平板は弾性板11に形成され、かかる弾性板11上に裏面電極12a、表面電極12b、圧電板13、歪み検出部14、第1端面電極15、および第2端面電極16が形成される。

【0023】歪み検出部14は、ニクロム線等の抵抗線14aと、抵抗線14aに接続された取出配線14b、14cとからなるもので、弾性板11の円盤部11a上に形成されている。裏面電極12a、表面電極12b、および圧電板13は、圧電変形素子10aを湾曲させる構造を形成するものであり、これらの部材は、歪み検出部14に不要な電圧が印加されないように、円盤部11a上にて歪み検出部14の形成部位以外の部位に形成される。

【0024】これらの部材を形成するに当たっては、先ず、円盤部11a上にアルミ等の金属蒸着や導電性ペーストを塗布することにより裏面電極12aが形成され、次いで、裏面電極12aを外部に取出すために第1端面電極15が形成される。第1端面電極15は、外周当接部11b上の上部当接部電極15a、側面電極15b、および下部当接部電極15cからなるもので、収束イオンビーム成膜法等の手段により形成される。

【0025】圧電板13はリング状を呈するもので、裏面電極12a上に接合されており、この圧電板13上に表面電極12bが裏面電極12aと同様の手段で形成されるとともに、裏面電極12bを外部に取出すために第2端面電極16が形成される。第2端面電極16は、外

周当接部11b上の上部当接部電極16a、側面電極16b、および下部当接部電極16cからなるもので、第1端面電極15と同様に収束イオンビーム成膜法等の手段により形成される。

【0026】これにより、圧電変形素子10aの製造工程が終了する。他の圧電変形素子10b～10dもこれと同様の製造工程にて製造され、これらの圧電変形素子10a～10dは図1および図4に示すように、同軸的に積層されて接合される。この積層時には、上下に位置する各圧電変形素子10a～10dにおける第1端面電極15の下部当接部電極15cと上部当接部電極15aが互いに接合され、かつ、第2端面電極16の下部当接部電極16cと上部当接部電極16aが互いに接合されて、各圧電変形素子10a～10dの電気的な接続が同時になされ、アクチュエータ部10が形成される。

【0027】アクチュエータ部10には、図1に示すように、検出装置21と電源装置22が接続されて積層型圧電アクチュエータが構成される。当該積層型圧電アクチュエータにおいては、電源装置22から裏面電極12aおよび表面電極12bを通して圧電板13に電圧を印加すると、各圧電変形素子10a～10dが湾曲して、外部に変位と力を発生させる。この場合、歪み検出部14の抵抗線14aの抵抗値が変化するため、図5に示すブリッジ回路21aを有する検出装置21にて、各圧電変形素子10a～10dの変位量を計測することができ、この変位量に基づいて電源装置22から供給される電圧を制御して、アクチュエータ部10を最適な状態とすることができます。

(第2の実施形態) 図6には、本発明に係る積層型圧電アクチュエータの第2の実施形態が示されている。当該積層型圧電アクチュエータは、アクチュエータ部10、検出装置21および電源装置22からなり、アクチュエータ部10は、中央部に貫通孔を有するリング状の4枚の圧電変形素子10a～10dを積層して互いに接合して形成されている。

【0028】当該積層型圧電アクチュエータにおいては、各圧電変形素子10a～10dを半導体プロセスを用いて形成することにより、アクチュエータ部10を小型、薄型で、安価に大量生産することを意図しているもので、各圧電変形素子10a～10dは同一構造を有するもので、その詳細については圧電変形素子10aを例示して説明し、他の圧電変形素子10b～10dについては必要により説明するに留める。

【0029】圧電変形素子10aは、図6～図8に示すように、弾性板11、一対の裏面電極12a、一対の表面電極12b、一対の圧電板13、歪み検出部14、第1端面電極15、および第2端面電極16を備えている。弾性板11は、円盤部11a、円盤部11aの外周から垂直の両方向へ突出するリング状の外周当接部11b、および円盤部11aの貫通孔11cの周囲から外周

当接部11bと同方向へ突出するリング状の内周当接部11dを一体的に備え、弾性板11の両面に圧電板13を接合したバイモルフ構造を採っている。圧電変形素子10aは、絶縁体であるN型シリコン基板を母材とするもので、以下の製造工程により製造されている。

【0030】圧電変形素子10aを製造する第1の工程は熱酸化工程であり、図9に示すように、シリコン基板17を熱酸化してその表面に酸化膜層18が形成し、その後、酸化膜層18の表面にレジストを塗布してレジスト層19を形成する(図10を参照)。次いで、フォト工程にて、リゾグラフィによってレジスト層19に所定のパターンを形成し(図11を参照)、パターニング工程にて、レジスト層19をマスク材として酸化膜17をフッ酸水溶液を用いてパターニングする(図12を参照)。

【0031】パターニング後、エッチング工程にて、酸化膜18をマスク材としてシリコン基板17をエッチングして、円盤部11a、円盤部11aの外周から垂直の両方向へ突出する外周当接部11b、貫通孔11cおよび貫通孔11cの周囲から突出する内周当接部11dを一体的に形成するとともに、配線貫通孔11e、11fおよび検出部配線貫通孔11gを形成する。その後、再度熱酸化工程により熱酸化して、酸化膜からなる絶縁層11hを形成する。これにより、弾性板11が形成される(図13を参照)。

【0032】次いで、イオン注入工程にて、円盤部11aの一部にボロンイオンを注入して、ピエゾ抵抗効果を有するボロンイオンの拡散層14dを形成する(図14を参照)。拡散層14dは、円盤部11aの両面に一対存在していて歪み検出部14の抵抗部を構成するもので、各拡散層14dは検出部配線14e～14gにて接続される(図15を参照)。図16には、各拡散層14dの接続状態の詳細が示されており、本実施形態では、検出部配線14e～14gが外部に露出しないように、垂直状の各検出部配線14gを検出部配線貫通孔11gに貫通して配置している。

【0033】最後に、電極形成工程にて、アルミ等の金属膜蒸着や導電性ペーストの塗布等により、各裏面電極12aを形成し、さらに、収束イオンビーム成膜により、外周当接部電極15dおよび垂直配線15eを形成する(図17を参照)。その後、各裏面電極12aに圧電板13を接合し(図18を参照)、上記と同様の手段にて、各表面電極12bを形成するとともに、外周当接部電極16dおよび垂直配線16eを形成する。なお、この場合、各拡散層14dおよび検出部配線14e～14gには、不要な電圧が印加されないように配慮する。

【0034】これにより、圧電変形素子10aの製造工程が終了する。他の圧電変形素子10b～10dもこれと同様の製造工程にて製造され、これらの圧電変形素子10a～10dは図6に示すように、同軸的に積層され

て接合される。この積層時には、上下に位置する各圧電変形素子10a～10dにおける外周当接部電極15d同士、および内周当接部電極16d同士が接合されて接続され、裏面電極12a同士、および表面電極12b同士が互いに電気的に接続されてアクチュエータ部10が形成される。

【0035】アクチュエータ部10には、図6に示すように、検出装置21と電源装置22が接続されて積層型圧電アクチュエータが構成される。当該積層型圧電アクチュエータにおいては、電源装置22から裏面電極12aおよび表面電極12bを通して圧電板13に電圧を印加すると、各圧電変形素子10a～10dが図19に示すように湾曲して、外部に変位と力を発生させる。この場合、歪み検出部14の各拡散層14dの抵抗値が変化するため、図20に示すブリッジ回路21bを有する検出装置21にて、各圧電変形素子10a～10dの変位量を計測することができ、この変位量に基づいて電源装置22から供給される電圧を制御して、アクチュエータ部10を最適な状態とすることができます。

【0036】しかして、当該積層型圧電アクチュエータにおいては、歪み検出部14を構成する一対の拡散層14dの抵抗値の変化を検出する構成のため、第1の実施態様に係る積層型圧電アクチュエータに比較して、検出感度が2倍であり、かつ、温度変化に対する十分な補償機能を有する。

(第3の実施形態) 本実施形態は可変焦点レンズ装置に係るもので、当該可変焦点レンズ装置は、図21および図22に示すように、第2の実施形態の積層型圧電アクチュエータと可変焦点レンズからなるもので、積層型圧電アクチュエータのアクチュエータ部10と、可変焦点レンズ30とを一体化して構成されているものである。

【0037】可変焦点レンズ30は、ステンレス製の加圧用弹性膜31、ガラス製の透明窓32、ガラス製の透明弹性膜33、一対のスペーサ34、35、およびシリコーンオイル等の動作流体36にて構成されている。加圧用弹性膜31はリング状を呈していて、アクチュエータ部10を構成する弹性板11の外周当接部11bと内周当接部11dに接合されており、加圧用弹性膜31には透明窓32が接合されている。透明窓32は、弹性板11の貫通孔11cに挿入されて同心的に接合されていて、加圧用弹性膜31に接合された状態では、加圧用弹性膜31の貫通孔31aに対向している。

【0038】透明弹性膜33は、加圧用弹性膜31の下面側に接合されているリング状の第1スペーサ34に接合されており、透明弹性膜33の下面にリング状の第2スペーサ35が接合されている。第2スペーサ35の貫通孔35aは、透明弹性膜33の中央部に対向している。この状態で、加圧用弹性膜31と、第1スペーサ34と、透明弹性膜33とが気密空間部Rを形成していて、気密空間部Rには動作流体36が封入されている。

【0039】これにより、可変焦点レンズ30がアクチュエータ部10と一緒に形成され、図21に示すように、アクチュエータ部10に検出装置21と電源装置22が接続されて積層型圧電アクチュエータが形成されて、可変焦点レンズ装置が構成される。当該可変焦点レンズ装置においては、電源装置22からアクチュエータ部10の裏面電極12aおよび表面電極12bを通して圧電板13に電圧を印加すると、各圧電変形素子10a～10dが図22に示すように湾曲して、加圧用弹性膜31を介して動作流体36の圧力が変化し、透明弹性膜33の湾曲形状が変化する。このため、可変焦点レンズ30の焦点距離は、各圧電変形素子10a～10dの湾曲量に応じて調節することができる。

【0040】しかし、可変焦点レンズ30を構成する透明弹性膜33は厚さ50μm程度の薄膜であるため、透明弹性膜33に衝撃力等の大きな外力が作用して過剰な変形が生じた場合には、破壊するおそれがある。しかしながら、当該可変焦点レンズ装置においては、アクチュエータ部10が歪み検出部14を備えているため、透明弹性膜33に作用する衝撃力等の外力を検出してこれに対する反力を発生させて、透明弹性膜33の破壊を防止することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一例に係る積層型圧電アクチュエータの構成図である。

【図2】同積層型圧電アクチュエータのアクチュエータ部を構成する圧電変形素子の縦断面図である。

【図3】同圧電変形素子の平面図である。

【図4】同アクチュエータ部の動作説明図である。

【図5】同積層型圧電アクチュエータにおける歪み検出の原理を説明する説明図である。

【図6】本発明の他の一例に係る積層型圧電アクチュエータの構成図である。

【図7】同積層型圧電アクチュエータのアクチュエータ部を構成する圧電変形素子の縦断面図である。

【図8】同圧電変形素子の平面図である。

【図9】同圧電変形素子の母材であるシリコン基板に酸化膜層を形成してなる中間部材の平面図(a)、および縦断面図(b)である。

【図10】同中間部材にレジスト層を形成してなる中間部材の平面図(a)、および縦断面図(b)である。

【図11】同中間部材のレジスト層に所定のパターンを形成してなる中間部材の平面図(a)、および縦断面図(b)である。

【図12】同中間部材の酸化膜層に所定のパターンを形成してなる中間部材の平面図(a)、および縦断面図(b)である。

【図13】同中間部材に絶縁層を形成した状態でエッチングして形成してなる弹性板の平面図(a)、および矢印b-b方向にみた縦断面図(b)である。

【図14】同弾性板の拡散層を形成した状態を示す平面図(a)、および矢印b-b方向にみた縦断面図(b)である。

【図15】同弾性板の拡散層を歪み検出部に構成するために配線した状態を示す平面図(a)、および矢印b-b方向にみた縦断面図(b)である。

【図16】同歪み検出部の配線状態を詳細に示す斜視図である。

【図17】同弾性板に裏面電極を形成した状態を示す平面図(a)、および矢印b-b方向にみた縦断面図(b)である。

【図18】同弾性板に圧電板を配設した状態を示す平面図(a)、および矢印b-b方向にみた縦断面図(b)である。

【図19】同積層型圧電アクチュエータのアクチュエータ部の動作説明図(a)、(b)である。

【図20】同積層型圧電アクチュエータにおける歪み検出の原理を説明する説明図である。

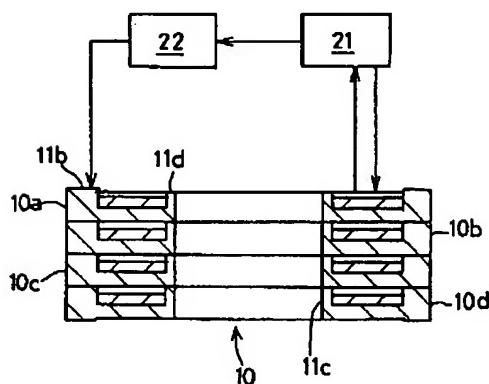
【図21】本発明の一例に係る可変焦点レンズ装置の構成図である。

【図22】同可変焦点レンズ装置の動作説明図である。

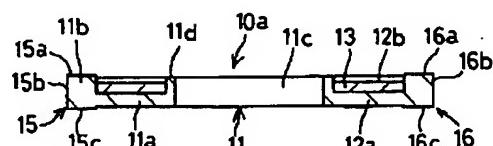
### 【符号の説明】

10…アクチュエータ部、10a～10d…圧電変形素子、11…弾性板、11a…円盤部、11b…外周当接部、11c…貫通孔、11d…内周当接部、11e, 11f…配線貫通孔、11g…検出部配線貫通孔、11h…絶縁層、12a…裏面電極、12b…表面電極、13…圧電板、14…歪み検出部、14a…抵抗線、14b, 14c…取出配線、14d…拡散層、14e, 14f, 14g…検出部配線、15…第1端面電極、15a…上部当接部電極、15b…側面電極、15c…下部当接部電極、15d…外周当接部電極、15e…垂直配線、16…第2端面電極、16a…上部当接部電極、16b…側面電極、16c…下部当接部電極、16d…外周当接部電極、16e…垂直配線、17…シリコン基板、18…酸化膜層、19…レジスト層、21…検出装置、21a…ブリッジ回路、22…電源装置、30…可変焦点レンズ、31…加圧用弾性膜、31a…貫通孔、32…透明窓、33…透明弾性膜、34, 35…スペーサ、35a…貫通孔、36…動作流体、R…気密空間部。

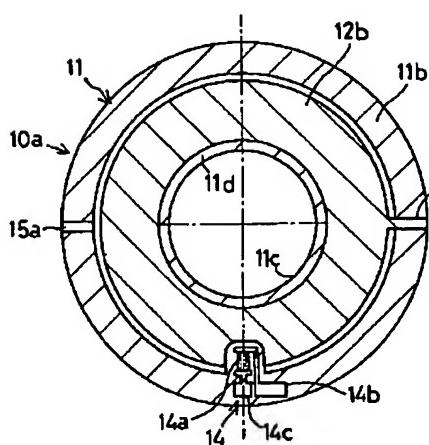
【図1】



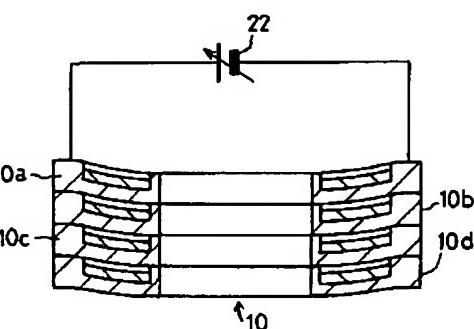
【図2】



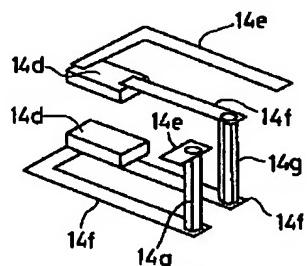
【図3】



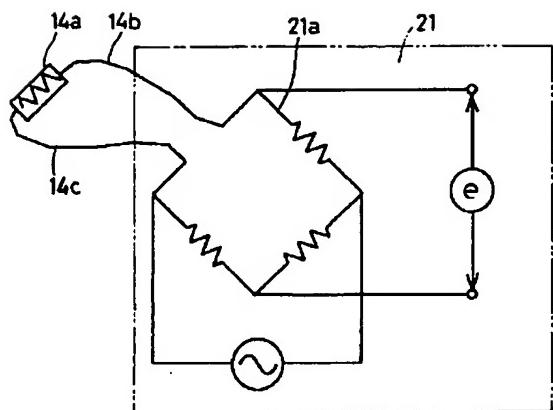
【図4】



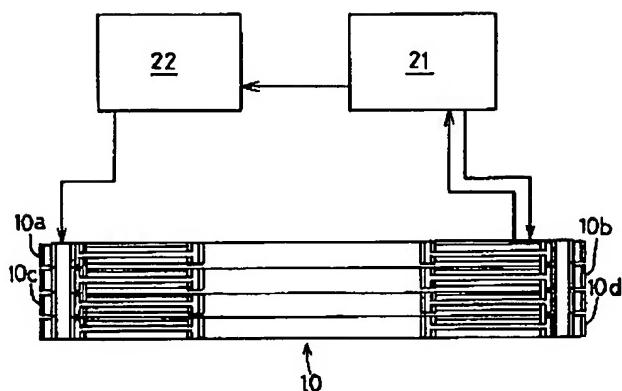
【図16】



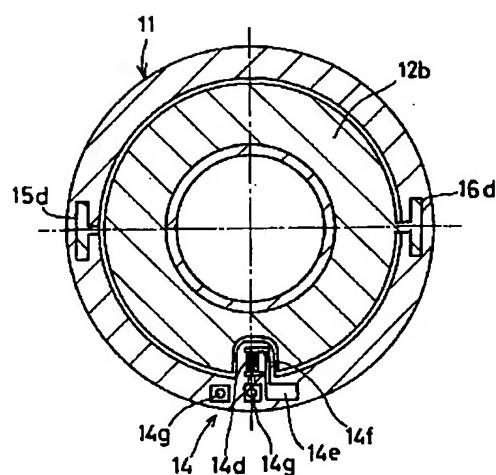
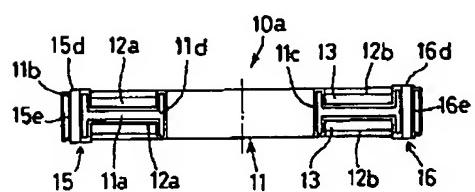
【図5】



【図6】

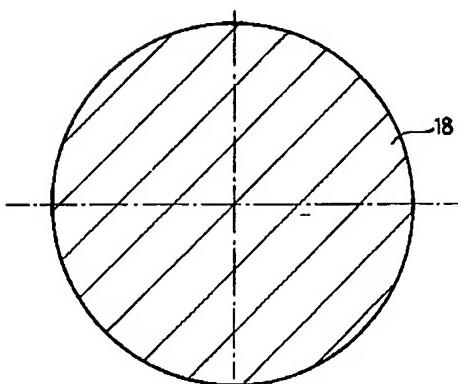


【図7】



【図10】

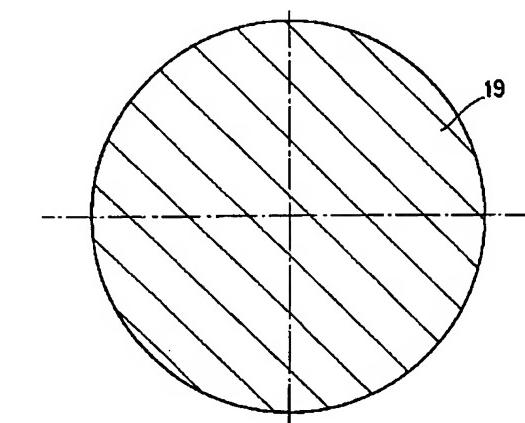
(a)



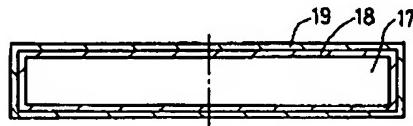
(b)



(a)

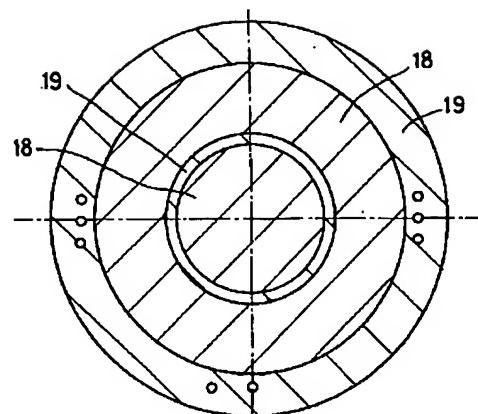


(b)



【図11】

(a)

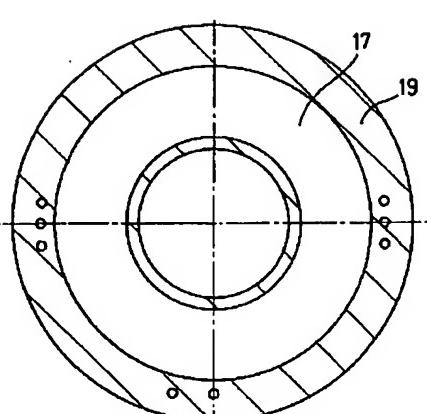


(b)

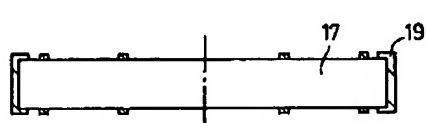


【図12】

(a)

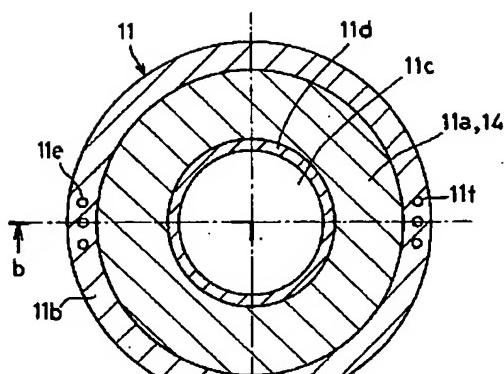


(b)

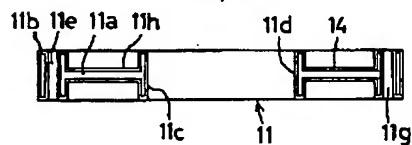


【図13】

(a)

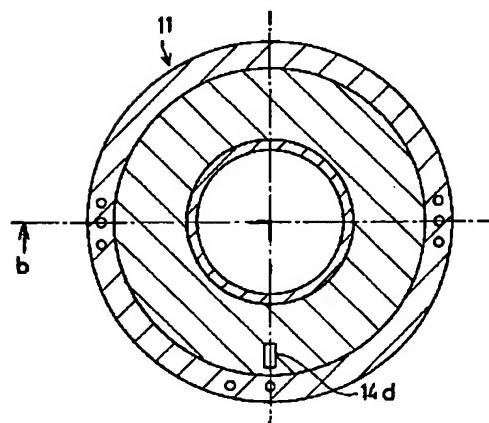


(b)

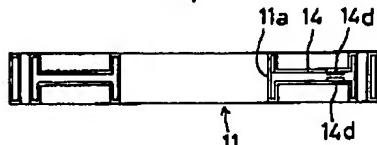


【図14】

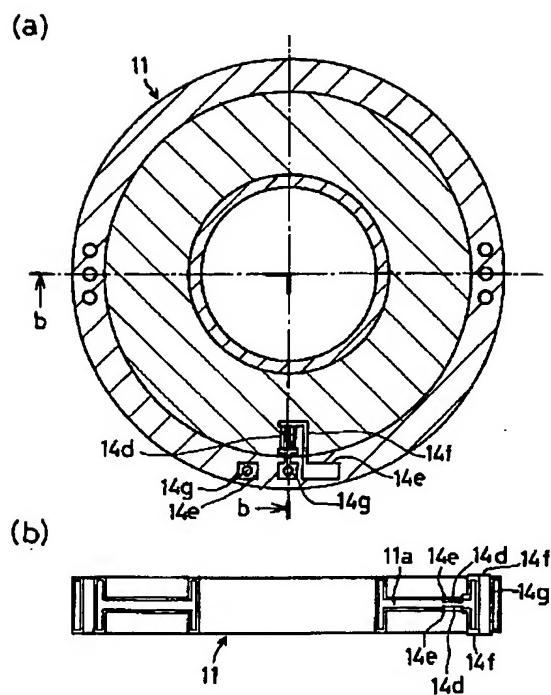
(a)



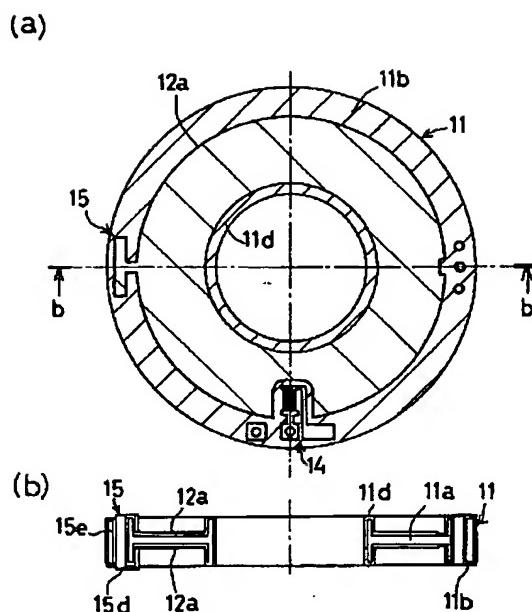
(b)



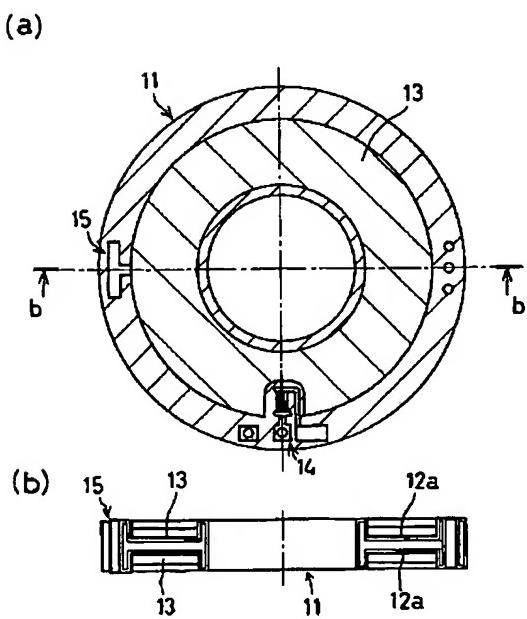
【図15】



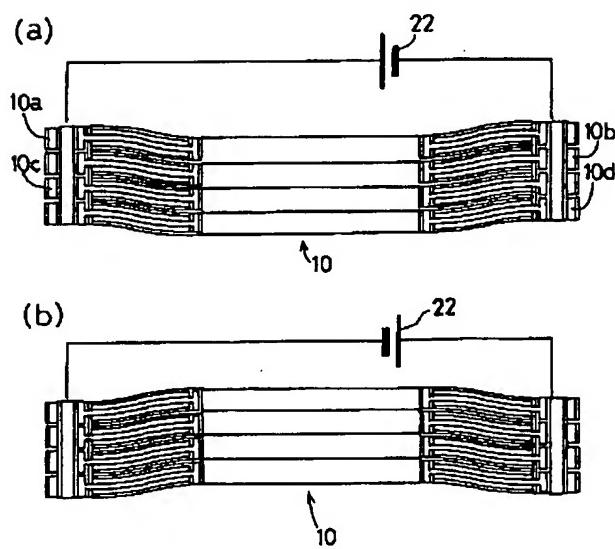
【図17】



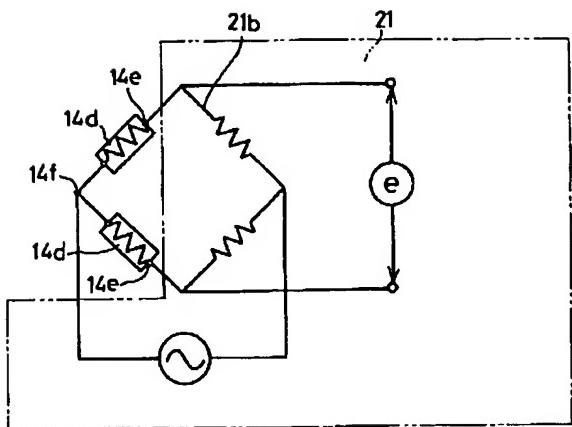
【図18】



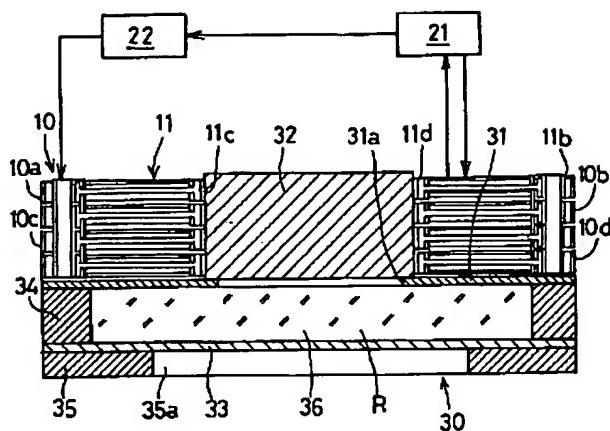
【図19】



【図20】



【図21】



【図22】

